

**PENENTUAN LAHAN PEMANENAN KAYU CEMPAKA (*Elmerrillia ovalis*)
PADA HUTAN RAKYAT KECAMATAN TARERAN KABUPATEN MINAHASA
SELATAN MENGGUNAKAN ZERO-ONE INTEGER PROGRAMMING**

Ogy S. Situmorang¹⁾, Yohanes A. R. Langi^{1*)}, Nelson Nainggolan¹⁾

¹⁾Program Studi Matematika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
Universitas Sam Ratulangi Manado

^{*)}Corresponding author: yarlangi@gmail.com

ABSTRAK

Hutan merupakan sumber daya alam yang lambat untuk diperbaharui, termasuk dengan hutan rakyat, sehingga perlu adanya pengoptimalan pemanenan hutan rakyat, namun secara khusus dalam penelitian ini dibahas tentang penentuan lahan pemanenan kayu cempaka. Tujuan penelitian ini adalah untuk memprediksi pendapatan yang maksimal oleh para petani hutan rakyat sebelum melaksanakan pemanenan. Program linear merupakan metode yang dapat digunakan dalam model optimasi untuk menentukan lahan pemanenan kayu cempaka dalam periode-periode tertentu, dan dapat memprediksi pendapatan maksimum yang dapat diterima sebelum melakukan pemanenan. Dengan menggunakan program linear diperoleh pendapatan maksimum yaitu sebesar Rp.28.622.240.000, dengan pemanenan pada periode pertama yaitu lahan 8, dan lahan 14. Periode kedua yaitu lahan 1, lahan 3, lahan 6, dan lahan 13. Periode ketiga yaitu lahan 5, lahan 7, dan lahan 9. Periode keempat yaitu lahan 4, lahan 10, dan lahan 12. Periode kelima yaitu lahan 2, dan lahan 11.

Kata kunci: Penentuan Lahan Pemanenan, Program Linear, Model Optimasi, Hutan Rakyat.

**THE DETERMINATION OF HARVESTING AREAS OF CEMPAKA WOOD
(*Elmerrillia ovalis*) IN COMMUNITY FORESTS IN TARERAN DISTRICT
SOUTH MINAHASA REGENCY USING ZERO-ONE INTEGER
PROGRAMMING**

ABSTRACT

Forest is a natural resource that is slow to be renewed, including with community forests, so it is necessary to optimize the harvesting of community forests, but specifically in this study discussed the determination of cempaka wood harvesting areas. The purpose of this research is to estimate the maximum income by community forest farmers before carrying out harvesting. A linear program is a method that can be used in an optimization model to determine cempaka wood harvesting areas in certain periods, and it can estimate the maximum income that can be received before harvesting. By using a linear program, the maximum income obtained Rp. 28,622,240,000, with harvesting in the first period, area 8, and area 14. The second period is area 1, area 3, area 6, and area 13. The third period is area 5, area 7, and area 9. The fourth period is area 4, area 10, and area 12. The fifth period is area 2, and area 11.

Keywords: Harvesting Areas, Linear Programming, Optimization Model, Community Forest.

Article History:

Received: July 4, 2019

Accepted: July 9, 2019

Published: July 9, 2019

PENDAHULUAN

Luas kawasan hutan di Indonesia saat ini telah mengalami penurunan yang cukup

besar. Hal ini antara lain disebabkan semakin bertambahnya jumlah penduduk sehingga untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat mulai merambah ke kawasan

hutan. Salah satu alternatif pemecahan masalah terhadap tekanan sumber daya hutan adalah dengan pembangunan hutan rakyat (Alviya *et al.*, 2007).

Secara umum, penelitian ini bermaksud untuk menunjukkan bahwa ilmu matematika dapat digunakan untuk menyelesaikan salah satu permasalahan nyata di dunia ini, dan tentunya sangatlah membantu para petani kayu cempaka, yakni pemodelan riset operasi dan linear programming. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh pendapatan maksimal yang akan diperoleh petani cempaka, melalui penentuan lahan pemanenan kayu cempaka, pada hutan rakyat kecamatan Tareran kabupaten Minahasa Selatan, dengan menggunakan *zero-one integer programming*.

Hutan Rakyat

Berdasarkan jenis tanaman dan pola penanamannya hutan rakyat dapat digolongkan ke dalam bentuk hutan rakyat murni, hutan rakyat campuran dan hutan rakyat dengan pola wanatani (*agroforestry*). Hutan rakyat dengan sistem agroforestri berorientasi kepada optimalisasi pemanfaatan lahan, baik dari segi ekonomi maupun ekologi. Sistem agroforestri ini mempunyai daya tahan terhadap hama penyakit dan angin. (Langi, 2007).

Kayu Cempaka (*Magnolia elegans*) dan kayu Cempaka (*Elmerrillia ovalis*) merupakan jenis paling penting dan dominan dalam tegakan – tegakan hutan rakyat di Sulawesi Utara. Jenis – jenis kayu cempaka dapat dijumpai hampir pada setiap hutan rakyat, kebun campuran dan hutan keluarga (hutan pasini) di Kabupaten Minahasa Utara (disekitar Gunung Klabat), Kabupaten Minahasa (Tara – tara, Pinaras, gunung Mahawu, gunung Masarang, Kawangkoan, Langowan, dan Tondano Timur), Kabupaten Minahasa Selatan (Tareran), Kabupaten Bolaang Mongondow (Modayak) (Kinho dan Mahfudz, 2011).

Linear Programming

Linear Programming (LP), atau program linear merupakan salah satu teknik yang dapat membantu dalam pengambilan keputusan alokasi sumberdaya – sumberdaya yang terbatas dan langka secara optimum. Sumberdaya – sumberdaya terbatas tersebut jika dalam satu industri atau perusahaan

meliputi semua faktor-faktor produksi seperti mesin - mesin , tenaga kerja, bahan mentah, modal, teknologi dan informasi (Syiaifuddin, 2011).

Menurut Aminudin (2005), Bentuk umum *linear programming* dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Max/Min } Z = \sum_{j=1}^n c_j x_j \quad (1)$$

Dengan kendala :

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = b_i, \text{ untuk } i = 1, 2, \dots, m \quad (2)$$

$$x_j \geq 0, \text{ untuk } j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Dimana :

Z = fungsi tujuan yang dicari nilai optimalnya

c_j = kenaikan nilai Z apabila ada pertambahan tingkat kegiatan x_j dengan satuan unit atau sumbangan setiap satuan keluaran kegiatan j terhadap Z

x_j = tingkat kegiatan ke- j

a_{ij} = banyaknya sumber i yang diperlukan untuk menghasilkan unsur keluaran kegiatan j

b_i = Kapasitas sumber i yang tersedia untuk dialokasikan ke setiap unit kegiatan

Integer Linear Programming

Integer linear programming merupakan pengembangan dari program linear dimana beberapa atau semua variabel keputusannya harus berupa integer. Jika hanya sebagian variabel keputusannya merupakan integer maka disebut program integer campuran (mixed integer programming). Jika semua variabel keputusannya bernilai integer disebut program integer murni (pure integer programming) (Garfinkel and Nemhauser, 1972).

Metode Branch and Bound

Penggunaan batas (bound) untuk fungsi yang akan dioptimalkan dikombinasikan dengan nilai solusi terbaik yang ada memungkinkan algoritma untuk mencari bagian – bagian dari sejumlah solusi secara implisit. Prinsip dasar metode branch

and bound adalah memecah daerah fisibel dari masalah LP – relaksasi dengan membuat subproblem – subproblem. Daerah fisibel linear programming adalah daerah yang memenuhi semua kendala linear programming (Riyanti, 2014).

Nilai objektif yang optimal untuk setiap subproblem dibuat dengan membatasi pencabangan dengan batas atas dari nilai objektif yang dihubungkan dengan sembarang nilai integer yang fisibel. Hal ini sangat penting untuk mengatur dan menempatkan solusi optimum. Operasi ini yang menjadi alasan dinamakan Bounding (Hartono *et al.*, 2014).

Perhitungan Volume Pohon

Pendugaan volume pohon dapat diperoleh dengan cara pendekatan rumus geometrik (volume pohon merupakan hasil perkalian antara volume silinder dengan angka bentuk batang). Pendugaan volume dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut:

$$V = 0,25\pi \times \left(\frac{Dbh}{100}\right)^2 \times H \times F \quad (4)$$

keterangan :

V = volume pohon (m^3)

π = 3,14

Dbh = diameter pohon setinggi dada (cm)

H = tinggi pohon (m)

F = angka bentuk (0,6) (Krisnawati *et al.*, 2012).

Perhitungan Riap Pohon

Menurut Prodan (1968), riap dibedakan kedalam riap tahunan berjalan CAI (Current Annual Increment), dan riap rata-rata tahunan MAI (Mean Annual Increment). Penelitian dilakukan dengan menggunakan pendekatan diameter, tinggi dan volume. Pendekatan perhitungan riap yang dihitung adalah riap rata-rata tahunan MAI (Mean Annual Increment), dengan rumus sebagai berikut:

Perhitungan riap Dbh (diameter pohon setinggi dada)

$$MAI Dbh = \frac{Dbh_t}{t} \quad (5)$$

Perhitungan riap tinggi pohon

$$MAI H = \frac{H_t}{t} \quad (6)$$

keterangan :

Dbh_t : Diameter pohon setinggi dada pada umur ke – t (cm)

H_t : Tinggi pohon pada umur ke – t (m)

t : umur (tahun)

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan November 2018 sampai bulan Maret 2019 di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sam Ratulangi.

Alat Penelitian

Alat – alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pita ukur, meteran dan haga hypsometer.

Prosedur Penelitian di Lapangan

Dalam melakukan penelitian pada tegakan pohon cempaka hutan rakyat, prosedur-prosedur yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Analisis vegetasi, melakukan survei pada setiap lahan dengan tegakan pohon cempaka dalam jumlah besar. Dibuat petak ukur kecil pada setiap lahan yang bertujuan untuk mewakili gambaran lengkap pada pola karakteristik tegakan hutan rakyat, terutama pada setiap lahan. Petak ukur pada setiap lahan dibuat dengan lebar 20 m dan panjang 20 m. Sebanyak 14 petak ukur yang digunakan untuk lahan, yang dianggap mewakili sebaran diameter, tinggi, dan umur tegakan pohon cempaka yang dominan pada hutan rakyat.
2. Pengambilan contoh vegetasi, dilakukan dengan metode acak purposif (*sampling purposif*) dengan menggunakan petak contoh berupa bujur sangkar yang berukuran lebar 20 m dan panjang 20 m. Penempatan petak contoh di lapangan dilakukan secara *systematic sampling with random start*.
3. Penentuan tinggi dan Dbh pohon, Data tinggi pohon yang dimaksudkan disini yaitu tinggi bebas cabang pohon. Tinggi bebas cabang pohon merupakan salah satu dimensi yang digunakan dalam pengukuran kayu, dan istilah tinggi bebas

cabang pohon hanya berlaku untuk tegakan pohon yang masih berdiri. Dbh (diameter at breast height) atau diameter setinggi dada, adalah standar pengukuran paling umum untuk menghitung pertumbuhan pohon, membandingkan dimensi/besar berbagai pohon, dan menghitung biomassa atau simpangan karbon. Diameter setinggi dada yaitu diameter pada ketinggian sekitar 1,3 m.

Masalah dan Pemodelan untuk Menentukan Lahan Pemanenan

Fungsi objektif dalam penelitian ini yakni memaksimalkan pendapatan dari pemanenan kayu cempaka dalam periode waktu tertentu, pada lahan – lahan yang terpilih dalam setiap periode sebagai lokasi pemanenan kayu cempaka, hal tersebut dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$\text{Max } Z = \sum_i \sum_t p_{i,t} x_{i,t} \quad (7)$$

Adapun kendala – kendala atau batasan – batasan dalam pemanenan kayu cempaka adalah sebagai berikut:

1. Batasan yang terkait dengan setiap lahan yang dipanen hanya satu kali dalam lima periode yaitu sepuluh tahun. Batasan ini dibangun untuk melihat lahan-lahan mana yang terbaik untuk dipanen dalam setiap periode.

$$\sum_t x_{i,t} \leq 1; \forall i. \quad (8)$$

2. Batasan yang terkait dengan jumlah hasil pemanenan (volume) kayu cempaka dalam satu periode yaitu dua tahun. Batasan ini diperoleh dari wawancara langsung oleh pemilik-pemilik lahan dengan peneliti. Batasan ini merupakan target volume kayu cempaka yang maksimal untuk setiap periode pemanenan.

$$\sum_t x_{i,t} \cdot v_{i,t} \leq \text{batasan vol. (m}^3\text{)}; \forall t \quad (9)$$

3. Batasan yang terkait dengan luas lahan pemanenan yang diijinkan dalam satu periode. Batasan ini merupakan maksimal luas lahan untuk setiap periode pemanenan, agar tidak semua lahan dipanen dalam periode yang sama, karena akan mengakibatkan hutan yang tidak lestari karena mengakibatkan kegundulan.

$$\sum_t x_{i,t} \cdot l_i \leq \text{batasan luas (ha)}; \forall t. \quad (10)$$

4. Batasan yang terkait dengan larangan pemanenan dua lahan yang berdekatan. Batasan ini dibangun agar lahan yang berdekatan tidak dipanen pada periode yang sama, karena akan mengalami kegundulan lahan.

$$x_{i,t} + x_{j,t} \leq 1; \forall (i,j) \in A \text{ dan } t. \quad (11)$$

Dengan,

$V_{i,t}$ = volume dari lokasi lahan i pada

periode t ,

l_i = luas lokasi lahan i ,

$P_{i,t}$ = pendapatan petak ke- i dalam periode ke- t ,

i, j = indeks untuk lokasi lahan pemanenan,

t = indeks untuk periode waktu,

$A = \{(i,j) \mid \text{lokasi lahan } i \text{ dan lokasi lahan } j \text{ berdekatan}\}.$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Fungsi Objektif Pemanenan Kayu Cempaka

Fungsi objektif dalam masalah pemanenan pohon cempaka pada hutan rakyat Kecamatan Tareran yakni memaksimalkan pendapatan yang akan diperoleh para petani dalam lima periode pada lahan yang terpilih sebagai lahan pemanenan kayu cempaka setiap periode, hal ini dapat dimodelkan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Max } Z = & p_{1,1}x_{1,1} + p_{1,2}x_{1,2} + p_{1,3}x_{1,3} \\ & + p_{1,4}x_{1,4} + p_{1,5}x_{1,5} + p_{2,1}x_{2,1} + p_{2,2}x_{2,2} \\ & + p_{2,3}x_{2,3} + p_{2,4}x_{2,4} + p_{2,5}x_{2,5} + p_{3,1}x_{3,1} \\ & + p_{3,2}x_{3,2} + p_{3,3}x_{3,3} + p_{3,4}x_{3,4} + p_{3,5}x_{3,5} \\ & + p_{4,1}x_{4,1} + p_{4,2}x_{4,2} + p_{4,3}x_{4,3} + p_{4,4}x_{4,4} \\ & + p_{4,5}x_{4,5} + p_{5,1}x_{5,1} + p_{5,2}x_{5,2} + p_{5,3}x_{5,3} \\ & + p_{5,4}x_{5,4} + p_{5,5}x_{5,5} + \dots + p_{14,1}x_{14,1} \\ & + p_{14,2}x_{14,2} + p_{14,3}x_{14,3} + p_{14,4}x_{14,4} \\ & + p_{14,5}x_{14,5} \end{aligned}$$

Batasan Pemanenan Kayu Cempaka

1. Batasan yang terkait dengan setiap lahan yang dipanen hanya satu kali dalam lima periode (sepuluh tahun).

$$x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} + x_{1,4} + x_{1,5} \leq 1$$

$$x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} + x_{2,4} + x_{2,5} \leq 1$$

$$x_{3,1} + x_{3,2} + x_{3,3} + x_{3,4} + x_{3,5} \leq 1$$

$$x_{4,1} + x_{4,2} + x_{4,3} + x_{4,4} + x_{4,5} \leq 1$$

...

$$x_{14,1} + x_{14,2} + x_{14,3} + x_{14,4} + x_{14,5} \leq 1$$

2. Batasan yang terkait dengan jumlah hasil pemanenan yang diijinkan dalam satu periode.

$$x_{1,1} \cdot v_{1,1} + x_{2,1} \cdot v_{2,1} + x_{3,1} \cdot v_{3,1} + x_{4,1} \cdot v_{4,1} + \dots + x_{14,1} \cdot v_{14,1} \leq 1700$$

$$x_{1,2} \cdot v_{1,2} + x_{2,2} \cdot v_{2,2} + x_{3,2} \cdot v_{3,2} + x_{4,2} \cdot v_{4,2} + \dots + x_{14,2} \cdot v_{14,2} \leq 1700$$

$$x_{1,3} \cdot v_{1,3} + x_{2,3} \cdot v_{2,3} + x_{3,3} \cdot v_{3,3} + x_{4,3} \cdot v_{4,3} + \dots + x_{14,3} \cdot v_{14,3} \leq 1700$$

$$x_{1,4} \cdot v_{1,4} + x_{2,4} \cdot v_{2,4} + x_{3,4} \cdot v_{3,4} + x_{4,4} \cdot v_{4,4} + \dots + x_{14,4} \cdot v_{14,4} \leq 1700$$

$$x_{1,5} \cdot v_{1,5} + x_{2,5} \cdot v_{2,5} + x_{3,5} \cdot v_{3,5} + x_{4,5} \cdot v_{4,5} + \dots + x_{14,5} \cdot v_{14,5} \leq 1700$$

3. Batasan yang terkait dengan jumlah luas lahan pemanenan yang diijinkan dalam satu periode.

$$x_{1,1} \cdot l_1 + x_{2,1} \cdot l_2 + x_{3,1} \cdot l_3 + x_{4,1} \cdot l_4 + \dots + x_{20,1} \cdot l_{20} \leq 3$$

$$x_{1,2} \cdot l_2 + x_{2,2} \cdot l_2 + x_{3,2} \cdot l_3 + x_{4,2} \cdot l_4 + \dots + x_{20,2} \cdot l_{20} \leq 3$$

$$x_{1,3} \cdot l_1 + x_{2,3} \cdot l_2 + x_{3,3} \cdot l_3 + x_{4,3} \cdot l_4 + \dots + x_{20,3} \cdot l_{20} \leq 3$$

$$x_{1,4} \cdot l_1 + x_{2,4} \cdot l_2 + x_{3,4} \cdot l_3 + x_{4,4} \cdot l_4 + \dots + x_{20,4} \cdot l_{20} \leq 3$$

$$x_{1,5} \cdot l_1 + x_{2,5} \cdot l_2 + x_{3,5} \cdot l_3 + x_{4,5} \cdot l_4 + \dots + x_{20,5} \cdot l_{20} \leq 3$$

4. Batasan larangan pemanenan dua lahan yang berdekatan.

$$x_{1,1} + x_{2,1} \leq 1, x_{1,2} + x_{2,2} \leq 1,$$

$$x_{1,3} + x_{2,3} \leq 1, x_{1,4} + x_{2,4} \leq 1,$$

$$x_{1,5} + x_{2,5} \leq 1$$

$$x_{1,1} + x_{4,1} \leq 1, x_{1,2} + x_{4,2} \leq 1,$$

$$x_{1,3} + x_{4,3} \leq 1, x_{1,4} + x_{4,4} \leq 1,$$

$$x_{1,5} + x_{4,5} \leq 1$$

$$x_{1,1} + x_{5,1} \leq 1, x_{1,2} + x_{5,2} \leq 1,$$

$$x_{1,3} + x_{5,3} \leq 1, x_{1,4} + x_{5,4} \leq 1,$$

$$x_{1,5} + x_{5,5} \leq 1$$

...

$$x_{13,1} + x_{14,1} \leq 1, x_{13,2} + x_{14,2} \leq 1,$$

$$x_{13,3} + x_{14,3} \leq 1, x_{13,4} + x_{14,4} \leq 1,$$

$$x_{13,5} + x_{14,5} \leq 1$$

Hasil Optimal

Hasil optimal dari model optimasi pada penentuan lahan pemanenan kayu cempaka, dilakukan dengan bantuan software program linear. Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, dalam permasalahan model optimasi pemanenan kayu cempaka, objective value atau nilai objektif adalah 28622.24, dalam artian bahwa pendapatan maksimum yang dapat diperoleh petani cempaka adalah Rp. 28.622.240.000 (dua puluh delapan miliar enam ratus dua puluh dua juta dua ratus empat puluh ribu rupiah) yang diperoleh dengan melakukan pemanenan pada lahan yang terpilih dalam setiap periode.

Pemilihan lahan pemanenan yang optimal untuk periode I adalah lahan 8, dan lahan 14. Untuk periode II adalah lahan 1, lahan 3, lahan 6, dan lahan 13. Untuk periode III adalah lahan 5, lahan 7, dan lahan 9. Untuk periode IV adalah lahan 4, lahan 10, dan lahan 12. Untuk periode V adalah lahan 2, dan lahan 11.

Pendapatan yang akan diperoleh dari pemanenan lahan pada periode I adalah sebesar Rp.2.534.780.000, pendapatan yang akan diperoleh dari pemanenan lahan pada periode II adalah sebesar Rp.6.007.170.000, pendapatan yang akan diperoleh dari pemanenan lahan pada periode III adalah sebesar Rp.6.255.830.000, pendapatan yang akan diperoleh dari pemanenan lahan pada periode IV adalah sebesar Rp.6.799.460.000, dan pendapatan yang akan diperoleh dari pemanenan lahan pada periode V adalah sebesar Rp.7.024.980.000.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil output komputasi pemrograman linear yang telah dilakukan, dalam permasalahan model optimasi pemanenan kayu cempaka, hasil optimal atau pendapatan maksimal yang akan diperoleh para petani kayu cempaka adalah Rp. 28.622.240.000 (dua puluh delapan miliar enam ratus dua puluh dua juta dua ratus empat puluh ribu rupiah) yang didapatkan dengan melakukan pemanenan pada lahan yang terpilih dalam setiap periode – periode.

Pemanenan yang dilakukan untuk periode I adalah lahan 8, dan lahan 14. Untuk periode II adalah lahan 1, lahan 3, lahan 6, dan lahan 13. Untuk periode III adalah lahan 5 lahan 7, dan lahan 9. Untuk periode IV adalah lahan 4, lahan 10, dan lahan 12. Untuk periode V adalah lahan 2, dan lahan 11.

Saran

Sebaiknya para petani perlu memperhatikan model optimasi untuk penentuan lokasi lahan pemanenan kayu cempaka, guna untuk memperoleh pendapatan yang maksimal sebelum melakukan pemanenan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alviya, I., N. Sakuntaladewi dan I. Hakim. 2007. Pengembangan Sistem Pengelolaan Hutan Rakyat di Kabupaten Pandeglang. *Jurnal Pusat Penelitian Sosial Ekonomi dan Kebijakan Kehutanan*. **7(1)**: 45-58.
- Aminudin. 2005. Prinsip-prinsip Riset Operasi. Erlangga, Jakarta.
- Garfinkel, R. S. and Nemhauser G. L. 1972. *Integer Programming*. John Wiley & Sons, New York.
- Hartono, W., A. D. Y. A. Putri dan Sugiyarto. 2014. *Integer Programming Pendekatan Metode Branch and Bound* Untuk Optimasi Sisa Material Besi (Waste) Pada Plat Lantai Studi Kasus : Pasar Elpabes Banjarsari Surakarta. *e-Jurnal Matriks Teknik Sipil*. **2(2)**: 86-92.
- Kinho, J. dan Mahfudz. 2011. Prospek Pengembangan Cempaka di Sulawesi Utara. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan Manado, Manado.
- Krisnawati, H., W. C. Adinugroho dan R. Imanuddin. 2012. Monograf: Model – model Alometrik untuk Pendugaan Biomassa Pohon pada Berbagai Tipe Ekosistem Hutan di Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Bogor.
- Langi, Y. A. R. 2007. Model Penduga Biomassa dan Karbon pada Tegakan Hutan Rakyat Cempaka (*Elmerrillia Ovalis*) dan Wasian (*Elmerrillia Celebica*) di Kabupaten Minahasa Sulawesi Utara. Tesis Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Prodan. M. 1968. *Forest Biometrics*. Pergamon Press, Oxford – London (UK).
- Riyanti, E. 2004. Penerapan Algoritma Branch and Bound untuk Penentuan Rute Objek Wisata [skripsi]. Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer UNIKOM, Bandung.
- Syaifuddin, D. T. 2011. Riset Operasi (Aplikasi Quantitative Analysis For Management). Edisi ke-1. CV Citra Malang, Malang.